

**特集：環境と日常生活****水と健康 - 身のまわりの水について -**

山 本 裕 史

徳島大学総合科学部自然システム学科物質科学講座

(平成18年5月25日受付)

(平成18年5月30日受理)

水はあらゆる生命体にとって必要不可欠なものだが、普段われわれが飲んだり、使用したりする水はどこから来て、どのように作られているのか、使用後の水はどのように処理されて環境中に排出されているのかについてわれわれは十分に知らないことが多い。まず、おいしい水、きれいな水とは一体何なのか説明するとともに、日本における浄水処理・上水道システムについて概説する。徳島県は全国で最も下水道普及率が低く、下水道普及地域は徳島市中心部等の一部に限られる。また、浄化槽の整備も十分とはいえない。そのため、われわれが使用した汚水は十分な処理をされずに水環境中に排出される可能性も高い。徳島市周辺や鳴門市、阿南市の中小河川では深刻な水質汚濁がみられ、徳島県による旧吉野川流域下水道の整備や、徳島市など各市町村による合併浄化槽整備補助金制度は継続中である。さらに、われわれの生活の中で用いられている化学物質のうち、どのような物質が環境中に排出されて水生生態系に影響を与えている可能性があるのかについても概説する。

**はじめに**

水は人類をはじめあらゆる生命体にとって必要不可欠であることが広く知られている。ところが、水という分子の特異的な化学的性質や生命体における役割、普段われわれが使用したりする水はどこから来て、どのように作られているのか、使用後の水はどのように処理されて環境中に排出されているのかについてわれわれは知らないことが多い。ここでは、「水と健康 - 身のまわりの水について - 」と題して、身のまわりの水に関する基礎知識について述べる。

**1. 水と生命**

人間の体の60から70%は水分であることが知られている。この値は微生物や水棲生物ではさらに高く、80%から90%を超えるものもある。そして、人間は水を摂取しないと1週間と生きていくことができないことが知られている。このように、水は人類をはじめとしてさまざまな生物にとって必要不可欠なものである<sup>1)</sup>。

このかけがえのない水という分子について少し化学の目で考えてみると、酸素原子1つの両側に水素原子が1つずつ(計2つ)で、化学式は $\text{H}_2\text{O}$ で表す単純なものであることは少しでも化学を学習した人ならばわかる。また、この分子の構造を見てみると、図1(a)に示すように一直線上ではなく、角度が104.5度とやや折れ曲がった状態になっていることは、よく知られている<sup>2)</sup>。このため酸素が負に、水素が正に弱く帯電しており電気的な偏りがみられる、つまり「極性」を持つ。これは同様に炭素原子1つとその両側に酸素原子が1つずつ(計2つ)の二酸化炭素(分子式 $\text{CO}_2$ )の結合が直線的で、電気的な偏りがなく無極性であることと対照的である。このように極性を持つ水分子の酸素と隣の水分子の水素とは「水素結合」によって弱く結合しているために、元素の周期律表で同じ族にあって酸素とその化学的性質が似ている硫黄やセレンなどの二水素化物と比べて分子間の結びつきが非常に強く、その沸点ははるかに高くなっている(図1b)。水の沸点は1気圧で100℃であり、常温では液体として存在する。このために、先に述べた極性を有することと合わせて、水は人間をはじめとした生命体の維持に不可欠な糖や塩類、アミノ酸等を多く溶かすことのできる優れた溶媒であるといえる<sup>2)</sup>。

通常、人がその生命を維持し、健康に生活を行うのに必要な水の量は1日2.5リットルとされる<sup>1)</sup>。その一方

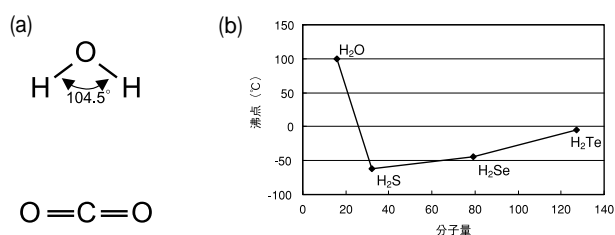
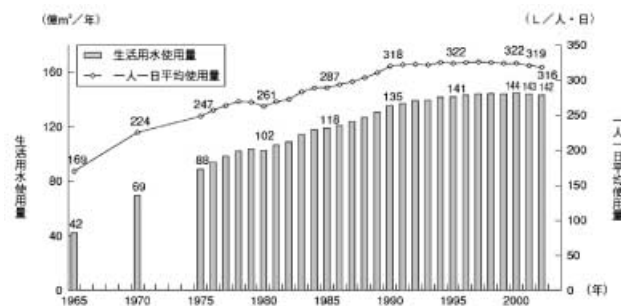


図1 水分子の化学的性質の特異性：(a)化学構造 (b)沸点

で日本での一人一日あたりの水消費量は約320リットル、生活用水使用量では全体で年間142億 $\text{m}^3$ にも上る(図2<sup>3)</sup>)。この320リットルと2.5リットルに比べてかなり多いのは、われわれの日常生活の中で飲料用以外にも風呂水やトイレ、洗濯などに大量に利用されている<sup>4)</sup>からである(表1)。

このように、日本人をはじめ人間は大量の水を使用しているが、地球全体を考えると利用可能な水は十分であるとはいえない。表2に示すように全地球に存在する水の量は約1兆7千億 $\text{km}^3$ だが、そのうち海水が97.5%であり、淡水は残りの2.5%に過ぎない。また、その淡水も氷河もしくは極地の氷雪の形で存在するものが7割足らず、地下水や土壤中水分が3割強であり、湖沼や河川中



(注) 1. 1975年以降は国土交通省水資源部調べ。  
2. 1965年及び1970年の値については、「水道統計」(厚生労働省)による。  
3. 有効水量ベースである。

図2. 日本での一人一日あたり水使用量<sup>3)</sup>表1. 日本での生活用水使用用途<sup>4)</sup>

用 途	比 率
風 呂	26%
ト イ レ	24%
炊 事	22%
洗 濯	20%
洗面その他	8%

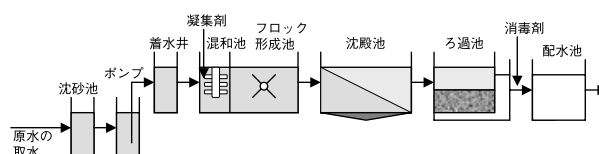
表2. 地球上の水量とその内訳<sup>5)</sup>

合計	100%	1兆7150億 $\text{km}^3$
海水	97.5%	1兆3650億 $\text{km}^3$
淡水	2.5%	3500億 $\text{km}^3$
氷河・氷雪	うち68.9%	
地下水・土壤中水分	うち30.8%	
河川・湖沼	うち0.3%	

の水は淡水の0.3%程度しかなく、全体で利用可能なのは0.5%程度とされている<sup>5)</sup>。それに対して、降水量に着目すると、全世界での年間平均降水量は900ミリ、日本ではその2倍の1700ミリである<sup>3)</sup>。しかしながら、その水は河川勾配が大きいことから源流から河口まで非常に速く流れ着いてしまう。このことから首都圏や近畿圏など都市部を中心に渇水が数年おきに起こり、徳島県関係でも昨年那賀川流域や吉野川源流の早明浦ダム(主に香川県下に影響)などで深刻な渇水が見られた。このような背景から、現在も水資源の開発のために多くのダムの建設が計画中である<sup>3)</sup>。

## 2. 上水道とおいしい水

日本での一般的な浄水場のしくみを図3に示す。河川や貯水池から取水後、固形物を凝集・沈殿して除去後、砂ろ過し、次亜塩素酸等を用いて消毒し、各戸に供給されるというのが一般的な上水道システムである<sup>6)</sup>。わが国では近代以降の上水道や浄水処理の充実は、水系伝染病の実質的な撲滅というヒトの健康リスクを改善してきた。その一方で、主に水量が非常に多く汚染度の低い吉野川を水源とする徳島県ではそれほどではないものの、首都圏や近畿圏を中心に最近では水道の水がまずい、あるいは塩素など消毒処理によって変異原性を持つ副生成物が発生する、十分に微量な汚染化学物質が除去されているかという不安などの種々の問題が指摘されてきている。実際、水道水の安全性や味への不安から、その価格が2000倍以上もあるミネラルウォーターの販売も欧米ほどではないものの順調に伸びてきている。

図3. 浄水場のしくみ<sup>6)</sup>

一方、きれいで安全な水に対しておいしい水とはいったいどんなものであろうか。「きれいな水」とは、文字通り無機物や有機物、病原菌やウイルスが含まれない純粋な H<sub>2</sub>O のことである。最近では水道水をさらに RO(逆浸透)などの膜や活性炭、イオン交換樹脂などで処理することによって簡単に得ることができる。家庭用浄水器の簡易なものも、これらを使用している。それに対して、「おいしい水」とはあくまでもその人の主観に基づいて「おいしい」と感じる水のことである。少し前のことに

なるが、1985年に日本では当時の厚生省のもとでおいしい水研究会が発足し、この研究会の答申を元に1992年に「快適水質項目目標値」が定められている(表3<sup>7)</sup>)。これを簡単にまとめると、ある程度はカルシウムを中心としたミネラル(硬度)と炭酸があり、有機物、臭気、残留塩素が少なく、温度が低いものが一般的に「おいしい」と感じる人が多いようである。いずれにせよ、「おいしい」かどうかは、その容器や健康状態など飲む人の感覚に大きく作用される<sup>8)</sup>。

表3. おいしい水研究会の水質要件と快適水質項目目標値<sup>7,8)</sup>

項 目	快適水質項目目標値	おいしい水研究会の水質要件
蒸発残留物	30 ~ 200mg/L	30 ~ 200mg/L
カルシウム, マグネシウム等(硬度)	10 ~ 100mg/L	10 ~ 100mg/L
遊離炭酸	20mg/L	20mg/L
有機物等 (過マンガン酸カリウム消費量)	3 mg/L 以下	3 mg/L 以下
臭気強度(TON)	3 以下	3 以下
残留塩素	1.0mg/L 程度以下	1.0mg/L 程度以下
水 温	-	最高20 以下

### 3. 下水道と徳島の水環境

徳島県は不名誉なことにここ数年間、全国の都道府県の中で下水道の人口普及率が最も低いことが知られている。平成17年3月現在で全国平均の69.1%に対して、徳島県の下水道人口普及率は11.4%と非常に低い(表4<sup>9)</sup>)。全国でも普及率の低い徳島、和歌山、高知の各県などとともに山間部を中心に全国的にも雨量が多く、吉野川や那賀川、紀ノ川などに代表される流量の多い河川もあって洪水対策はなされてきたが、汚染物質が十分に希釈されるために水質汚濁が顕在化することが少なかったことから下水道普及が立ち遅れてきた。さらに、都市部以外

での下水道の整備はそのコストから適当とはいえないことから、それに代わって農村部を中心に浄化槽の整備が進んできた。平成13年以降、し尿のみを処理する単独処理浄化槽の新設は禁止され、その他の家庭雑排水も一緒に処理する合併浄化槽の設置が推進され、汚濁負荷の削減対策が進められてきた<sup>10)</sup>。しかしながら、合併浄化槽はその処理量が単独処理浄化槽に比べて多くなることから各戸での設置には費用の負担感が強く、各市町村による補助制度があるにもかかわらずその整備が伸び悩んでいる。平成17年3月現在、浄化槽普及率は全国で9%<sup>10)</sup>、徳島県では21%程度に過ぎない<sup>11)</sup>。

下水処理場と合併浄化槽のしくみ(図4)は基本的に同じで、固形物の除去、好気性微生物群を用いた活性汚泥処理、さらには主に塩素による消毒処理が組み合わされたものである(窒素やリンなど栄養塩の除去のために嫌気性微生物群を用いた処理を活性汚泥処理と組み合わせることも多い<sup>9)</sup>)。ただ、徳島市の場合、北部浄化センターでは標準活性汚泥法を採用しているが、中央浄化センターでは日本でも比較的珍しい、日本最大規模の回転円盤接触槽を用いた方法が用いられている<sup>12)</sup>。

表4. 下水道人口普及率の高いもしくは低い都道府県<sup>9)</sup>

普及率の高い都道府県	普及率の低い都道府県
東京都 98.2%	島根県 33.1%
神奈川県 94.0%	高知県 27.5%
大阪府 88.2%	和歌山県 13.4%
兵庫県 88.1%	徳島県 11.4%

普及率は平成17年3月31日現在

徳島県内で下水道が整備されているのは、主に徳島市の中心部（図5）や吉野川市の一部等に限られている<sup>11)</sup>。そのため、徳島県内河川の水質は吉野川や那賀川、勝浦川といった水量が多い大河川、ならびに下水道普及が進む徳島市中心部の新町川等についてはBOD（生物化学的酸素要求量）が $2\text{ mg O}_2/\text{L}$ 以下で良好である<sup>11,12)</sup>。それに対して下水道未普及の住宅地を流域とし汚濁負荷の多い徳島市西部の田宮川、南部の冷田川、さらには鳴門

市の新池川、小松島市の神田瀬川、阿南市の打樋川などではBODが $3 \sim 10\text{ mg O}_2/\text{L}$ と水質汚濁は深刻である<sup>11)</sup>。こういった河川流域では合併浄化槽の整備も進んでいないために、家庭用洗剤に含まれる界面活性剤をはじめとした家庭雑排水が十分な処理をされずに直接河川に放流されている可能性があり、我々の研究室の測定結果でも上記の田宮川や冷田川などで平成15年度のPRTR（汚染化学物質排出移動登録）において水系への排出量が最も多

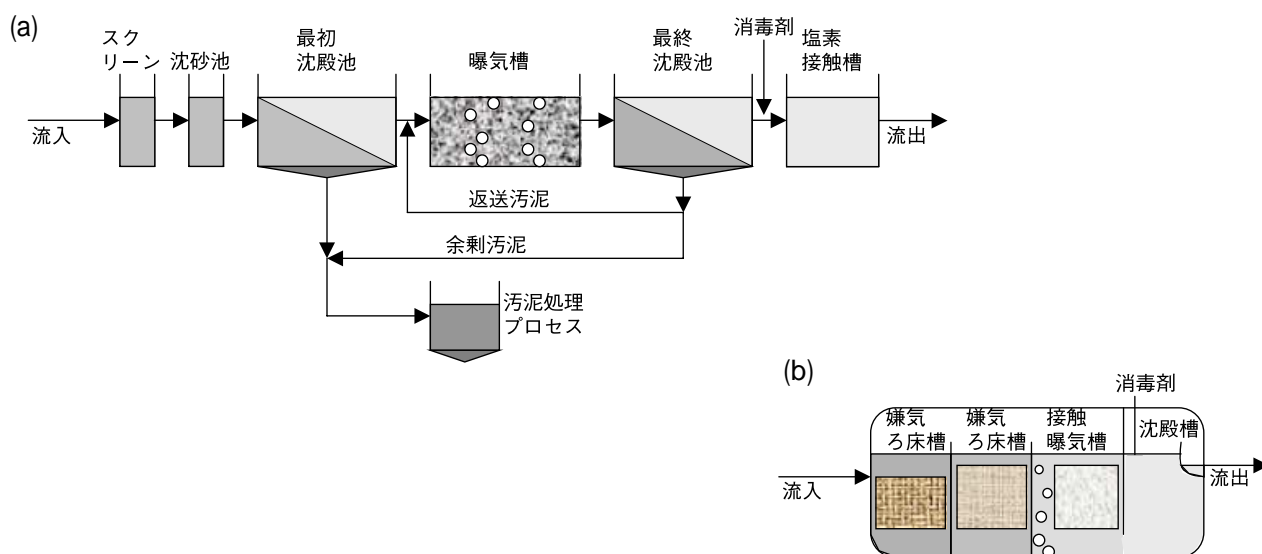


図4 (a) 下水処理場<sup>6)</sup>, (b) 浄化槽のしくみ<sup>10)</sup>

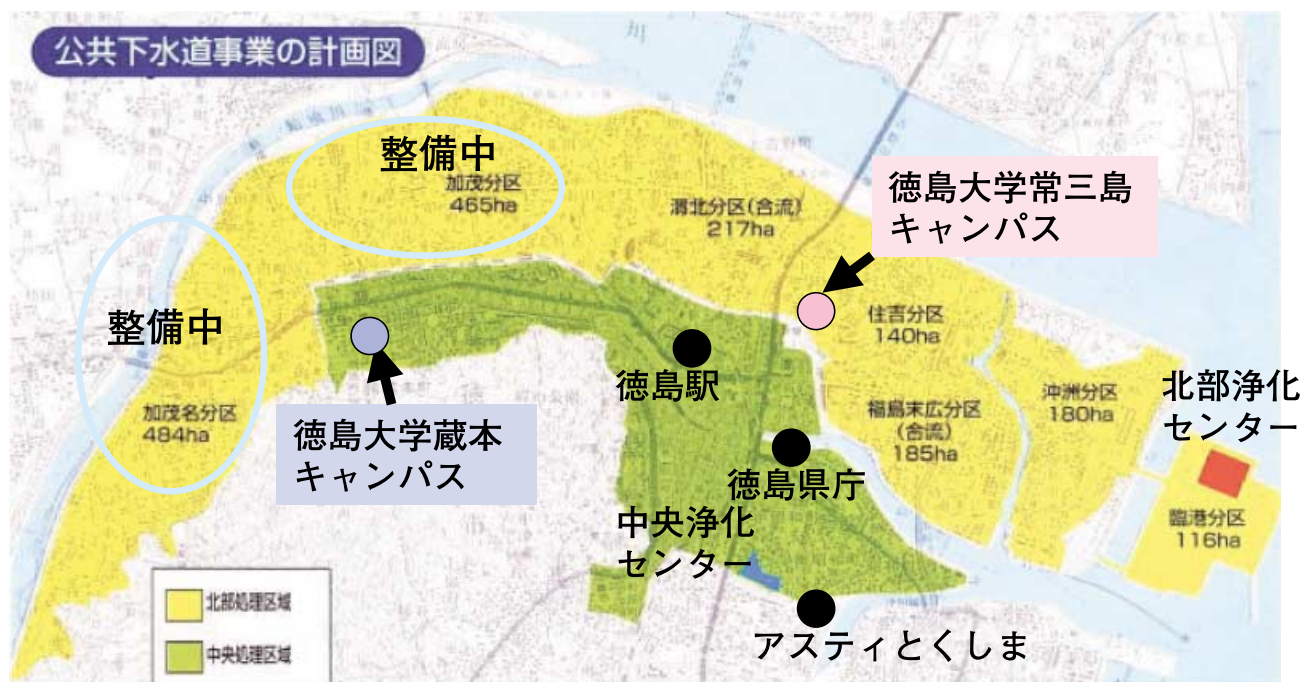


図5 徳島市内の下水整備状況<sup>12)</sup>

い<sup>13</sup>陰イオン界面活性剤の一種直鎖アルキルベンゼンスルホン酸をmg/L レベルで検出している<sup>14</sup>。ここで検出された濃度レベルは水棲生物の一部に対して影響を及ぼす可能性がある<sup>15</sup>。現在、旧吉野川流域下水道（徳島市川内・応神地区、鳴門市、藍住町、板野町、北島町、松茂町にまたがる地域）が整備中であるが、さらなる下水道やコミュニティープラントの整備、合併浄化槽整備に向けた助成金の拡充といった汚濁負荷低減に基づく早急な対策が必要である。

## 文 献

- 1) 芝哲夫：化学物語25講，化学同人，京都，2006
- 2) ラザフォード・ブラット：水＝生命をはぐくむもの，紀伊国屋書店，東京，1997
- 3) 国土交通省水資源部：平成17年度版 日本の水資源，2006
- 4) 東京都水道局：平成14年度東京都水道局パンフレット，2003
- 5) シクロマノフ・I・A，サンクトペテルブルグ州立大学・ユネスコ共同制作資料集，1999
- 6) 住友恒，村上仁士，伊藤禎彦：環境工学：これからの都市環境とその創造のために，理工図書，東京，1998
- 7) 社団法人日本水道協会ホームページ（<http://www.jwwa.or.jp/main.html>）（Checked on May 25 2006）
- 8) 小島貞男：おいしい水の探求，NHK ブックス，1986
- 9) 社団法人日本下水道協会ホームページ（<http://www.jswa.jp/>）（Checked on May 25，2006）
- 10) 環境省：平成17年度版 環境白書，2006
- 11) 徳島県：平成17年度版 徳島県環境白書，2006
- 12) 徳島市ホームページ（<http://www.city.tokushima.tokushima.jp>）（Checked on May 25，2006）
- 13) エコケミストリー研究会，（<http://env.safetyeng.ysk.ynu.ac.jp/ecochemi/>）（Checked on May 25 2006）
- 14) 角井俊成，山本裕史，吉川麻奈美，関澤純：河川生物膜による直鎖アルキルベンゼンスルホン酸の浄化能の評価，第40回日本水環境学会年次講演会要旨集，2006
- 15) 新エネルギー・産業技術総合開発機構：化学物質の初期リスク評価書暫定版，直鎖アルキルベンゼンスルホン酸及びその塩，2005

## *Water and health-water exiting in our surroundings*

*Hiroshi Yamamoto*

*Department of Physical, Chemical, Geological and Environmental Sciences, Faculty of Integrated Arts and Sciences, The University of Tokushima, Tokushima, Japan*

### SUMMARY

Water is essential for all living organisms including human beings. However, public people know well neither how the tap water is produced in the purification plant nor how the used water is released into the natural environment. The terms, “tasty water” and “clean water” are described, and the water purification process and the tap water supply system generally used in Japan are briefly explained. Tokushima Prefecture is notorious for the lowest sewage system coverage in 47 prefectures of Japan, and the coverage is limited in central part of the city of Tokushima and the city of Yoshinogawa. Since the use of septic tank for combined wastewater is also limited and the pollutants can be released into the natural environment without any treatment, water pollution in small streams at suburb of Tokushima-city, populated area of the city of Naruto and Anan are the potential concern. Thus, sewage system is under construction at former Yoshinogawa River watershed area and financial aid by city governments for septic tank installment is in process. Finally, pollutants possibly released into rivers of the suburb of Tokushima city at the level of potential effects on the ecosystem are also introduced.

Key words : aquatic environment, water resource, water purification plant, sewage system coverage, tasty water